XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8535

Avaliação da influência da incorporação de pó de cerâmica branca na trabalhabilidade e resistência à compressão de argamassas

Evaluation of the influence of the incorporations of white ceramic powder on the workability and compressive strength of mortars

Lucas Anthony Rother
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) | Porto Alegre | Brasil | l.rother@edu.pucrs.br
Fernando Antonio Piazza Recena
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) | Porto Alegre | Brasil | farecena@gmail.com

Resumo

A produção de cimento Portland é responsável por aproximadamente 6% das emissões antropogênicas de CO_2 todos os anos. Em 2021, foram produzidas 5,9 bilhões de peças de louças sanitárias, das quais, até 10% são descartadas ainda no ciclo produtivo. Desta maneira, este estudo busca avaliar a influência da substituição de cimento por pó de louças sanitárias na trabalhabilidade e na resistência à compressão de argamassas. Para isso, foram produzidas argamassas com substituição em teores de 0, 5%, 10 % e 20% de cimento por pó de cerâmica branca passante na peneira de abertura 75µm. Foram medidos o índice de consistência e a resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias. O índice de consistência apresentou um ligeiro aumento a partir da adição do pó cerâmico. Os resultados de resistência à compressão demonstraram haver um teor ótimo de substituição em torno de 10%.

Palavras-chave: Resíduo de cerâmica branca. Adições pozolanicas. Argamassa.

Abstract

Portland cement production is responsible for approximately 6% of anthropogenic CO_2 emissions annually. In 2021, 5.9 billion pieces of sanitary ware were produced, of which up to 10% are discarded while still within the production cycle. Therefore, this study aims to evaluate the influence of cement replacement with sanitary ware powder on the workability and compressive strength of mortars. To achieve this, mortars were produced with cement replacement levels of 0%, 5%, 10%, and 20% by white ceramic powder passing through a 75 µm sieve opening. The consistency index and the axial compressive strength at 7 and 28 days were measured. The consistency index showed a slight increase starting from the addition of the ceramic powder. The compressive strength results demonstrated an optimal replacement level around 10%.

Keywords: White ceramic waste. Addition. Mortar.

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais e as emissões atribuídas as cadeias produtivas dos materiais de construção civil são motivo de preocupação de especialistas e governos ao redor

Como citar:
ROTHER, et al, Avaliação da influência da incorporação de pó de cerâmica branca na trabalhabilidade e resistência à compressão de argamassas.. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

do mundo. A produção de aglomerantes como a cal e o cimento Portland e a exploração de agregados causam impactos diretos à ecossistemas locais, além de serem responsáveis por parcelas significativas das emissões de CO_2 na atmosfera [1, 2].

A produção de cimento Portland é responsável por aproximadamente 6% das emissões antropogênicas de CO_2 todos os anos [3]. Estima-se que até 1200kg de CO_2 são liberados na atmosfera a cada tonelada de cimento produzido [3], a maior parcela dessas emissões é liberada durante o processo de clinquerização devido a transformação de carbonatos em óxidos para continuidade das reações, além da matriz energética utilizada (costumeiramente o coque de petróleo) [4]. Desta maneira, estudos que apontem soluções para substituição de parte desse material por resíduos ou materiais com menor carga de emissões se tornam necessários.

O segmento da produção de cerâmicas sanitárias e para revestimentos representa 6% do PIB da indústria de materiais de construção, com a produção de 5,9 bilhões de peças em 2024 [1]. Além disso, o elevado teor de perdas durante o processo produtivo, aproximadamente 10% [5], manifesta a necessidade de reaproveitamento desse material. O interesse na substituição provém da possibilidade da ocorrência de reações pozolânicas ou cimentantes, a depender do tipo de argila utilizada no processo produtivo. No caso da cerâmica branca, suas matérias-primas fundamentais são as argilas plásticas, caulins e o quartzo [6], que podem ser fontes de sílica e alumina.

Sob esse viés, este estudo busca avaliar a influência da substituição de cimento por pó de cerâmica branca de partículas menores que 75µm na trabalhabilidade e na resistência à compressão de argamassas. Foram produzidas argamassas de traço 1:3 (cimento: areia) com substituição de cimento por pó cerâmico em teores de 0%, 5%, 10% e 20% e relação água /cimento fixa em 0,57. Após a mistura foi determinado o índice de consistência de cada traço e moldados corpos de prova cilíndricos. Estes corpos de prova foram ensaiados à compressão aos 7 e 28 dias.

Com isso, este estudo comparativo almeja avaliar a viabilidade desta adição em matrizes cimentícias. Acredita-se que substituições parciais de cimento por materiais alternativos, possam impactar positivamente as propriedades dos produtos cimentícios, assim como na redução dos impactos ambientais da construção civil. Também, pode-se constatar a melhora para a circularidade do setor, através da utilização de um material que originalmente, seria descartado.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8535

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

Para a produção das argamassas foram utilizados cimento Portland de alta resistência inicial (CP V- ARI), pó de cerâmica branca passante na peneira com abertura nominal 0,075mm, areia natural quartzosa e água da rede municipal de abastecimento de Porto Alegre/RS.

A escolha do CP V- ARI se deu em função de sua ampla disponibilidade no comércio varejista da região. Também, por ser um composto mais puro em relação aos outros cimentos costumeiramente aplicados à mesma funcionalidade (CP-II Z, F e CP-IV), além de desenvolver aproximadamente 70% de sua resistência até os 28 dias, podendo melhor evidenciar a influência do pó cerâmico nesta propriedade da argamassa.

A cerâmica escolhida para a fabricação do pó, foi uma louça sanitária de cor branca descartada de uma reforma. O processo de obtenção do pó se deu em 4 etapas, iniciando com a seleção da peça em campo, cominuição manual com auxílio de uma marreta, moagem em moinho do rolo por cerca de 30 minutos e peneiramento e seleção do material passante em peneira de abertura 0,075mm, o material retido foi reintroduzido ao moinho e submetido à novo peneiramento até que atingisse o tamanho de partícula desejado. A Figura 1 apresenta a peça utilizada e o processo de moagem adotado.

Figura 1: Peça de louça sanitária utilizada para a preparação do pó (à esquerda) e fragmentos cerâmicos no processo de moagem para posterior peneiramento (à direita).



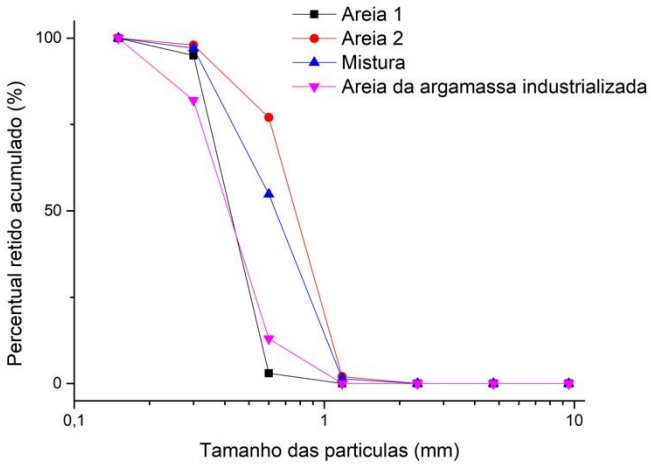
Fonte: o autor.

Como agregado miúdo, foi utilizado uma mistura de areias quartzosas visando assemelhar-se àquelas comercializadas na região em argamassas industrializadas. Além disso, o aumento do intervalo da granulometria pode otimizar o esqueleto granular, maximizando fator de empacotamento do agregado, consequentemente, as propriedades mecânicas. A primeira areia (Areia 1) é proveniente de cava do município de Viamão/RS e possui módulo de finura (MF) de 0,98. A segunda (Areia 2) é proveniente de jazida do município de Osório/RS de módulo de finura de 1,77.

A determinação da proporção de mistura das areias [7] foi realizada visando a mistura que obtivesse maior densidade aparente. O percentual de cada areia na mistura foi de 30% de areia 1 e 70% de areia 2. O módulo de finura resultante desta proporção foi de

1,53 e dimensão máxima característica de 0,6mm. A análise granulométrica [8] unitária das areias e de sua mistura é apresentada na Figura 2.

Figura 2: Composição granulométrica das areias utilizadas e da mistura adotada



Fonte: o autor.

MÉTODOS

Para o cronograma experimental foram produzidas 4 argamassas com traços em massa de 1:3 (cimento: agregado miúdo) sem a utilização de aditivos químicos, a determinação desta proporção vai ao encontro àquela corriqueiramente utilizada por pesquisadores e aplicadas em campo. Os teores de substituição de cimento por pó cerâmico em massa foram 0, 5%, 10% e 20%. A Tabela 1 apresenta os quantitativos das argamassas produzidas.

Tabela 1: Traço em massa dos materiais secos das argamassas produzidas

% de substituição	Cimento (g)	Pó cerâmico (g)	Areia total (g)
0%	625,00	0	1875,00
5%	593,75	31,25	1875,00
10%	562,50	62,50	1875,00
20%	500,00	125,00	1875,00

Fonte: o autor.

A água utilizada foi determinada visualmente para o primeiro traço (0%), iniciando com 300g (a/c= 0,48) e ajustado até ser obtida uma mistura com índice de consistência de 200±10mm. Assim, a quantidade de água utilizada para todas as argamassas foi de 357g, (a/c= 0,57) e o teor de água/ total de materiais secos (H) foi de 14,3%.

Para preparação das argamassas foi utilizada uma misturadora laboratorial de eixo vertical, com processo de mistura se iniciando na homogeneização dos aglomerantes e água adicionando os agregados na sequência. Os tempos de mistura foram 1 minuto em velocidade lenta seguido de mais 30 segundos em velocidade elevada.

O índice de consistência foi medido em procedimento análogo ao apresentado pela NBR 13276 [9]. Foram moldados 6 corpos de prova cilíndricos (5x10cm) para cada traço, conforme a NBR 7222 [10]. Estes corpos de prova foram desmoldados após 24

horas da moldagem e submetidos à cura saturada em solução com de água e cal [11]. O ensaio de resistência à compressão axial ocorreu aos 7 e 28 dias (3 corpos de prova para cada idade), a realização do ensaio seguiu o procedimento apresentado pela NBR 7215 [11].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Os valores do índice de consistência medidos para as argamassas produzidas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Índice de consistência medidos para cada teor de substituição

% de substituição	Índice de consistência (mm)
0%	198
5%	222
10%	219
20%	223

Fonte: o autor.

A Figura 3 apresenta uma comparação visual do resultado visual do índice de consistência, estão apresentados o IC para o traço de 0% (menor valor) e o de 20% (maior valor).

Figura 3: Aspecto visual do índice de consistência. Argamassa com menor valor de IC (à esquerda) e argamassa com maior valor de IC (à direita).



Fonte: o autor.

Os resultados demonstraram que o pó cerâmico não prejudica a trabalhabilidade das argamassas estudadas, visto que as misturas contendo teores de substituição obtiveram valores ligeiramente superiores (em média 10%) em relação ao composto de referência sem ocasionar perda de coesão e segregação dos materiais.

Por mais que não tenham sido feitos análises microscópicas no material cerâmico, Rother [12], ao estudar a mesma propriedade em argamassa com resíduos de blocos cerâmicos submetidos a processo de preparação similar, conclui que o processo de reduz sua porosidade e modifica a das partículas forma, tornando capazes de adsorver água na superfície nos primeiros instantes após mistura

Ainda, Gina, Torres e Faria [13], ao produzirem argamassas de reabilitação com substituição resíduos cerâmicos em pó (tijolos e vasos decorativos), constataram que estes materiais não interferem significativamente na medida de espalhamento, explicando este comportamento pela pouca porosidade do material.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

A Tabela 3 apresenta resultados das resistências médias (fc) aos 7 e 28 dias assim como o fator de acréscimo de resistência entre as idades.

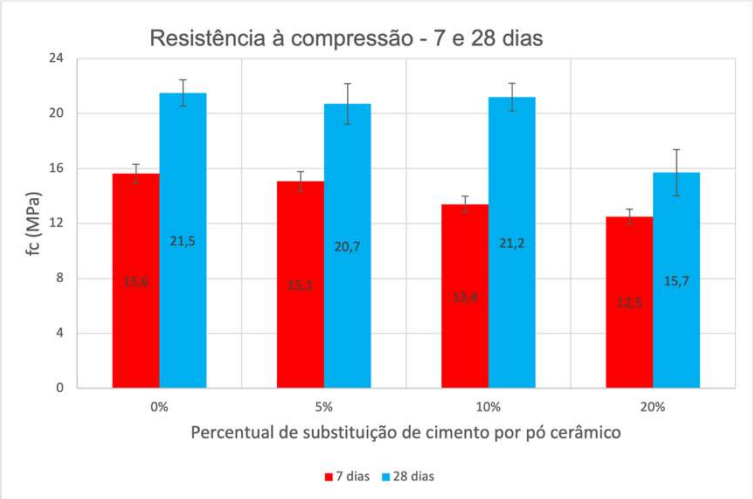
Tabela 3: Resistências médias aos 7 e 28 dias e fator de acréscimo de resistência entre idades

% de substituição	fc 7 dias (MPa)	fc 28 dias (MPa)	Acréscimo de resistência (%)
0%	15,6	21,5	38
5%	15,1	20,7	37
10%	13,4	21,2	58
20%	12,5	15,7	26

Fonte: o autor.

Para a construção dos gráficos de resistência nas idades apontadas, foram utilizadas as médias dos valores obtidos no ensaio dos 3 corpos de prova de cada teor de substituição, sem depuração de valores. A Figura 4 apresenta os resultados obtidos nas duas idades estudadas.

Figura 4: Resultados de resistência à compressão média aos 7 e 28 dias.



Fonte: o autor

Os valores de resistência médios aos 7 dias indicam ligeira redução na resistência com valores de substituição desde 5%. O desvio padrão obtido no ensaio para cada teor foi 0,69 MPa (0%), 0,71 MPa (5%), 10% MPa (10%) e 0,55 MPa (20%), indicando homogeneidade nos procedimentos de produção, moldagem e ensaio.

A redução da resistência constatada nas primeiras idades pode ser explicada, uma vez que não tenham sido feitas a mensuração da composição química do pó, pela característica de reações pozolanicas e/ou cimentantes acontecerem a datar dos 28 dias. Acredita-se que o pó cerâmico, em vitude de sua matéria-prima, possa conter teores quartzo e feldspatos, possibilitando a reação com o hidróxido de cálcio

resultante da hidratação dos componentes do cimento Portland (C_3S e C_2S) utilizado ou até mesmo se combinarem, quando em contato com a água, e gerarem produtos hidratados análogos ao C-S-H.

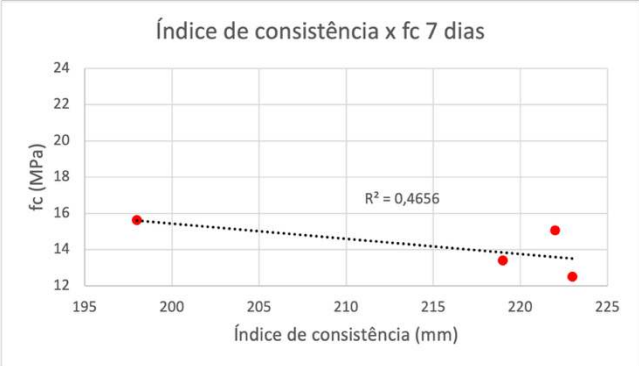
Com os resultados de resistência aos 28 dias foram é possível perceber diferença de 0,5 MPa e 0,3 MPa dos valores da argamassa de referência para a com teores de 5% e 10% de pó incorporado respectivamente. Porém, os valores de desvio padrão para 28 dias foram superiores àqueles obtidos na idade anterior, sendo 0,95 MPa para 0%, 1,47 MPa para 5%, 1,02 MPa para 10% e 1,68 MPa para 20%. Esse aumento relativo, pode ser originado pela variação da cinética das reações de hidratação entre os corpos de prova.

Uma revisão de literatura conduzida por Jain *et al.* [14] apontou que ao substituir o cimento por um material cimentício suplementar, neste caso o pó cerâmico, tende-se a obter um melhor desempenho mecânico em pastas, argamassas e concretos. Ramos [15] obteve maiores resistências mecânicas com teores de 10% de substituição de cimento por pó cerâmico na produção de argamassas mistas.

CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE CONSISTÊCIA E RESISTÊNCIA MECÂNICA

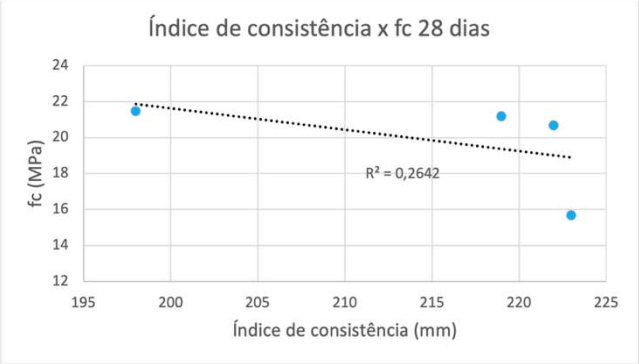
As Figuras 5 e 6 apresentam o gráfico de correlação entre o índice de consistência e média resistência à compressão e o coeficiente de determinação (R^2) aos 7 e 28 dias.

Figura 5: Correlação entre índice de consistência e a média resistência à compressão aos 7 dias.



Fonte: o autor.

Figura 6: Correlação entre índice de consistência e a média da resistência à compressão aos 28 dias.



Fonte: o autor.

Para a correlação aos 7 dias, o R^2 gerado foi 0,4656, indicando uma correlação moderada entre o aumento da consistência e a diminuição resistência mecânica para as argamassas produzidas com substituição do cimento. Com isso, pode-se admitir que o resíduo age nos primeiros dias de forma inerte. Também, devido a cominuição e moagem, possuindo baixa porosidade e favorecendo a reologia do composto.

O R^2 para a correlação aos 28 dias foi de 0,2642, indicando que a resistência mecânica não depende linearmente do índice de consistência. Dessarte, por volta dos 28 dias, começam a manifestar-se os efeitos benéficos do pó cerâmico, sejam eles por atividade pozolânica ou pelo refinamento de poros decorrente do empacotamento granular dos finos. Essa melhora na matriz compensou a diluição do cimento até o teor de 10%.

CONCLUSÕES

Este trabalho focou na avaliação da influência da substituição de cimento por pó cerâmico obtido de louças sanitárias brancas na trabalhabilidade e na resistência à compressão de argamassas.

Os índices de consistência apresentaram pequena tendência de alta, mantidas a consistência e coesão adequadas à moldagem dos corpos de prova. A resistência à compressão aos 7 dias dos corpos de prova com substituição reduziu em relação a referência. Aos 28 dias, os resultados de compressão para os corpos de prova de referência, com 5% e 10% de substituição são similares, notando-se em conta o desvio padrão. Foi possível identificar a ocorrência de reações pozolanicas indicando haver um ponto ótimo de substituição, em torno de 10%, o que é comum em materiais pozolânicos.

Portanto, por se tratar de uma investigação inicial, este trabalho serviu como ponto de partida para o esclarecimento de pontos cruciais na avaliação da viabilidade técnica do material. O seguimento da pesquisa se dá com avaliação da microestrutura e composição química do pó cerâmico. Também, como ampliação do programa experimental, pretende-se realizar uma dosagem específica para cada tipo de aplicação (assentamento e revestimento) e avaliação das propriedades físicas e mecânicas das argamassas produzidas.

AGRADECIMENTOS

Os autores prestam agradecimento a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) pela disponibilização de materiais e infraestrutura para a confecção deste trabalho.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2025.

[2] FILHO, L. C. Z.; DE QUADROS, T. F. P. Efeito da dinâmica fluvial e da ação antrópica sobre a erosão de margens fluviais: O caso da mineração de areia no rio Jacuí. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 49-64, 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.18316/rca.v11i1.3179

[3] RIBEIRO, D. V. **Princípios da ciência dos materiais cimentícios: produção, reações, aplicações e avanços tecnológicos.** 1. ed. Curitiba: Appris, 2021.

[4] RENÓ, M. L. G.; TORRES, F. M. T.; DA SILVA, R. J.; MELO, M. L. N. M. Produção de cimento Portland com o uso de coque de petróleo e do coprocessamento de resíduos industriais. **Anais [...]**. São Luís, 2012. Disponível em: www.abcm.org.br/conem2012

[5] SCHACKOW, A.; CORREIA, S. L.; EFFTING, C. Influence of microstructural and morphological properties of raw natural clays on the reactivity of clay brick wastes in a cementitious blend matrix. **Cerâmica,** v. 66, n. 1, p. 154- 163, 2020. DOI : http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132020663782852

[6] BRAGANÇA, S. R.; ZIMMER, A.; PEDRASSANI, J. Uma revisão sobre a terminologia e classificação das cerâmicas brancas. **Cerâmica,** v. 65, n. 1, p. 485- 497, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132019653752641

[7] RECENA, F. A. P. **Conhecendo argamassa.** 2. ed. Porto Alegre: ediPUCRS, 2015.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054**: Agregados – Determinação da composição granulométrica- Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Concreto e Argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

[12] ROTHER, L. A. **Dosagem experimental de argamassa utilizando pó de tijolo como elemento plastificante.** 2025. 25f. (Trabalho de conclusão de curso: Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2025. Disponível em: https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/28072

[13] GINA, M. TORRES, I. FARIA, PAULINA. **Argamassas de reabilitação com resíduos de cerâmica.** Congresso Latinoamericano REHABEND 2014. Santender, 2012. Disponível em: https://www.proquest.com/openview/734a652ae4809c38a5c846efb0351fa0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y

[14] JAIN, P.; GUPTA, R.; CHAUDHARY, S. A literature review on the effect of using ceramic waste as supplementary cementitious material in cement composites on workability and compressive strength. **Materials Today: Proceedings,** v. 65, p. 871-876, 2022. DOI : https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.453

[15] RAMOS, Ana Isabel da Silva. **Incorporação de resíduos cerâmicos vidrados em argamassas bastardas: Estudo de propriedades físicas e mecânicas.** 2015. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Área Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015.